

УДК 621.941

Н.В. Новиков¹, академик НАН Украины, Л.Н. Девин¹, д-р.техн.наук, А.А. Осадчий¹, А.Г. Сулима¹,
Н.Н. Деркач²

1 - Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины

2 – НТУ Украины „Киевский политехнический институт“, г.Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ДЕМПФИРОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ КНБ НА СТОЙКОСТЬ РЕЗЦОВ

Досліджено вплив демпфування ріжучих інструментів з використанням вставок з різних матеріалів. Встановлено, що використання нікеліду титану дозволяє знизити шорсткість обробленої поверхні та підвищити стійкість різця.

Damping capacities of cutting tool and comparative analysis of different materials, which can be used as a spacer in cutting tool were considered. Influence of damping elements on the intensity of vibrations and capability of cutting tools by turning of hardened steels has been researched.

Введение

Борьба с вибрациями является одной из актуальных проблем практически во всех отраслях народного хозяйства и, прежде всего машиностроении, приборостроении и судостроении. В этой связи исследование вибраций резца в процессе резания и создание методов их снижения является важной задачей машиностроения.

Эффективным, а в ряде случаев единственным приемлемым способом снижения вредных вибраций и шумов, является использование для деталей машин и конструкций, работающих в динамическом режиме, сплавов с большим внутренним трением, так называемых сплавов высокого демпфирования.

Известны попытки снижения вибраций резцов путем применения демпфирующих чугунных державок. Во многих случаях их использование позволило значительно снизить амплитуду вибраций, улучшить качество обработанной поверхности и повысить стойкость режущих инструментов.

В работах по исследованию вибраций преимущественно исследовали качество обработанной поверхности и износостойкость резцов. Влияние демпфирования на вероятность разрушения вершины резца не исследовалось. Кроме того, в последнее время появились более эффективные, нежели чугун, материалы с высокими демпфирующими свойствами на основе никелида титана. Их особенность заключается в том, что они испытывают многократные мартенситные превращения под действием внешних нагрузок при комнатной температуре (так называемые материалы с эффектом памяти формы). В данной работе была поставлена цель - исследовать возможность применения материалов с памятью формы для гашения колебаний при резании многогранными пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ).

К преимуществам гашения колебаний с помощью сплавов высокого демпфирования относятся простота (устраняется необходимость применения специальных, иногда довольно сложных виброгасящих устройств), практическая независимость эффекта демпфирования от частоты.

В процессе обработки металлов резанием возникают периодические вибрации системы станок – деталь – инструмент. При этом наблюдаются колебания преимущественно трех видов: собственные, вынужденные и автоколебания. Собственные колебания возникают под действием внешнего толчка и постепенно затухают. Вынужденные колебания возникают при появлении возбуждающей периодической силы и проявляются до тех пор, пока действует эта сила.

Исследованиями установлено, что резание металла с большими площадями сечения среза происходит с меньшими вибрациями, чем с малыми. При чистовых операциях, т.е. малых глубине и подаче,

характерных для резцов из ПСТМ, процесс резания менее устойчив, так как глубина резания становится соизмеримой с округлением режущей кромки и размером площадки износа по задней грани. Вибрации увеличиваются также при уменьшении угла в плане ϕ главной режущей кромки резца. Опыты подтвердили, что при уменьшении угла в плане ϕ вибрации резко усиливаются. Особенно сильно на интенсивность вибраций влияет составляющая силы резания P_y . При постоянном сечении стружки уменьшение угла в плане ϕ вызывает усиление вибраций, так как при этом увеличивается усилие резания P_y .

Экспериментально доказано, что при отрицательных передних углах резца при прочих равных условиях вибрации снижаются. Это объясняется тем, что металл деформируется меньше, чем при углах больших или равных нулю, и тем более при отрицательных значениях угла.

Методика проведения исследований

Для количественной оценки демпфирующей способности металлов используют такие параметры, как затухание (абсолютное и относительное), тангенс угла отставания деформации по фазе от приложенного напряжения (или тангенс угла потерь), логарифмический декремент затухания колебаний, добротность [1, 3].

Для проведения экспериментов по оценке демпфирования режущей части резца в ИСМ НАН Украины была разработана специальная державка (рис. 1).

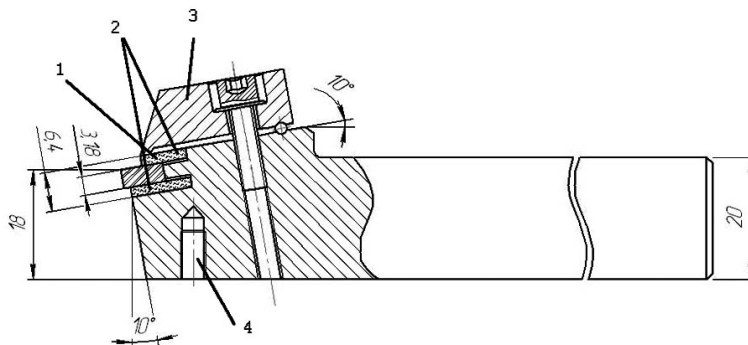


Рис. 1. Схема державки с демпфирующими прокладками

Квадратная режущая пластинка из ПСТМ на основе кубического нитрида бора 1 располагается между двумя прокладками 2 из демпфирующего материала и прижимается прихватом 3. В качестве прокладок использовали твердый сплав, серый чугун, сталь и никелид титана.

Наиболее низкие демпфирующие свойства характер-

ны для прокладок из твердого сплава и стали, наиболее высокие – для никелида титана. Этот материал представляет собой твердый раствор на основе интерметаллического соединения моноклида титана, содержащий 48–54 % Ni [1].

При закалке сплавов высокотемпературная β -фаза с упорядоченной по типу о.ц.к. решеткой претерпевает мартенситное превращение. В результате образуется несколько модификаций мартенсита, характеризующихся плотно упакованными структурами с различным чередованием укладки плотно упакованных плоскостей. Температура мартенситного превращения никелида титана чрезвычайно сильно зависит от их состава и находится в пределах от -60°C до $+120^{\circ}\text{C}$. Минимальную температуру превращения имеют сплавы с 51 % Ni.

При циклической нагрузке относительное количество модификаций мартенсита изменяется, что обуславливает высокую демпфирующую способность сплавов.

Относительное рассеяние энергии в сплаве при малых амплитудах составляет 5–10 %, при больших – 20–30 %. Наряду с высокой демпфирующей способностью сплав характеризуется хорошей коррозионной стойкостью и комплексом механических свойств. Сплав с содержанием 49,5 % Ni после закалки начиная с температуры 800°C в воде имеет $\sigma_b = 800\text{--}850$ МПа; $\sigma_{0,2} = 300\text{--}350$ МПа; $\sigma_{-1} = 490$ МПа. Кроме того, относительное затухание при малых амплитудах составляет 8 %, а при значительных – 20–30 %.

Для изучения демпфирующей способности исследуемых образцов было разработано измерительное устройство на базе измерительной стойки прибора для измерения модуля Юнга «Звук–107» [2; 4; 5].

Устройство было модернизировано и дооснащено анализатором спектра СК4-59, широкополосным усилителем УЗ-32. Блок–схема установки изображена на рис. 2.

Электрические синусоидальные колебания создавали с помощью генератора качающей частоты анализатора спектра СК4-59, усиливали в усилителе мощности УЗ-32, а затем преобразовывали в механические пьезоэлектрическим преобразователем. Возбуждаемые в образце колебания воспринимались пьезоэлектрическим приемником, усиливались и подавались на вход анализатора спектра СК4-59, где исследовали резонансные кривые.

Образец устанавливали между двумя опорами стойки "Звук-107" (на рис. 3).

Опоры выполнены в виде полусфер. Сканирующий сигнал с плавающей частотой в диапазоне 0,3–1,3 МГц от анализатора спектра подавали на широкополосный усилитель. После усиления сигнал поступал на излучатель измерительной стойки. Приемник сигнала на нижней опоре подсоединяли к анализатору спектра СК4-59.

Были проведены эксперименты по определению демпфирующих характеристик трех различных материалов (в дальнейшем их применяли в качестве прокладок в резце приведенной конструкции) в целях выбора материала с наилучшими свойствами для гашения вибраций. Для этого были изготовлены образцы в форме круглых пластин диаметром 10 мм и толщиной 2 мм.



Рис. 3. Общий вид образца в опорах стойки "Звук-107"

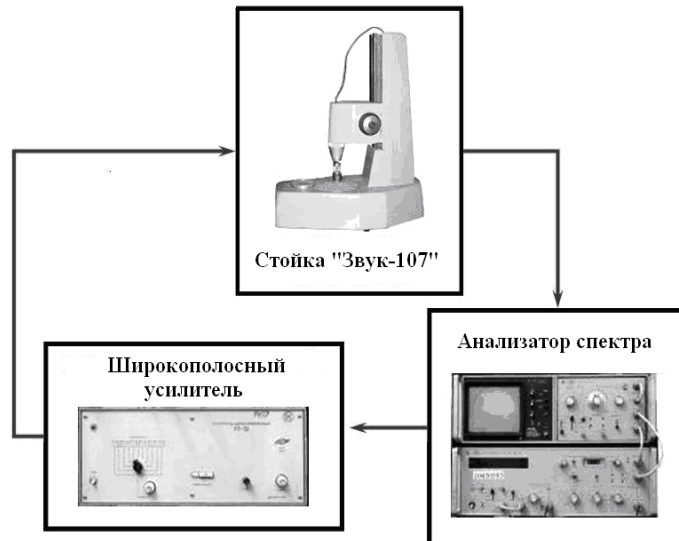


Рис. 2. Блок-схема измерительной установки

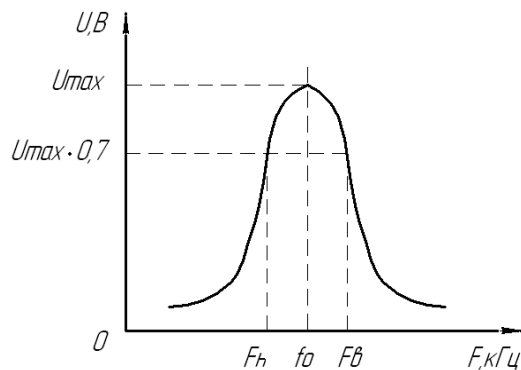


Рис. 4. Резонансный пик

Поверхности исследуемых образцов были шлифованы (шероховатость $Ra \leq 0,63$ мкм), а грани имели несимметричность в пределах 0,02 мм и непараллельность 0,05 мм.

Исследуемые образцы не имели трещин, расслоений, видимых поверхностных дефектов и механических повреждений.

В качестве оценки демпфирующих характеристик образцов использовали добротность Q , коэффициент затухания колебаний β и логарифмический декремент затухания колебаний δ .

Вследствие отвода энергии колебания демпфируются, их амплитуда уменьшается от одного колебания к другому в β раз; эта величина называется коэффициентом затухания колебаний. Амплитуда колебаний зависит от частоты. С повышением частоты до резонансной f_0 амплитуда колебаний увеличивается до некоторого максимума, высота которого зависит от коэффициента затухания, и затем снова уменьшается. Это резонансное превышение называют также добротностью, или коэффициентом добротности, и обозначают Q .

Добротность связана с коэффициентом затухания β следующим соотношением [3]:

$$Q = \frac{\pi}{\ln \beta} \quad (1)$$

Кроме того, от добротности зависит также ширина пика резонансной кривой. В случае измерения ширины полосы резонансного максимума B на уровне 0,7 (точнее при $1/\sqrt{2} = 0,707$) от максимального значения при не слишком сильном демпфировании, т. е., например, при $Q > 10$ получим:

$$Q = \frac{f_0}{B}, \quad (2)$$

где $B = F_g - F_h$, f_0 – частота, соответствующая максимальной амплитуде сигнала (Рис. 4.).

Тогда выражение (2) будет иметь вид

$$Q = \frac{f_0}{F_g - F_h} \quad (3)$$

Логарифмический декремент затухания колебаний связан с коэффициентом затухания зависимостью

$$\delta = \ln \beta \quad (4)$$

Тогда формула (1) примет вид

$$Q = \frac{\pi}{\delta} \quad (5)$$

откуда

$$\delta = \frac{\pi}{Q} \quad (6)$$

Анализ результатов

Полученные в результаты испытаний демпфирующие характеристики образцов приведены в таблице.

Демпфирующие характеристики образцов

Материал образца	Добротность Q	Логарифмический декремент затухания δ , %	Коэффициент затухания колебаний β
Сталь	1230±51	0,23±0,01	1,0021±0,0002
WC-6%Co	998±32	0,32±0,02	1,0032±0,0003
Никелид-титана	63±6	5,05±0,43	1,0518±0,0063

Таким образом, приходим к выводу, что свойства гашения вибраций никелида титана выше, чем стали и твердого сплава. Это позволило рекомендовать его в качестве прокладок из демпфирующего материала в резце предложенной конструкции.

Для определения влияния вставок на износостойкость режущего инструмента провели две серии экспериментов. В первой серии в качестве демпфирующих элементов использовали вставки из никелида титана, во второй – из твердого сплава ВК8. В каждой серии провели по пять параллельных экспериментов с разными режущими пластинками, взятыми из одной партии. Геометрические параметры и физико-механические свойства пластинок были одинаковые. Материал режущей пластинки – КНБ четырехгранной формы.

Испытания проводили на станке ТПК-125ВМ. В качестве обрабатываемого материала использовали заготовку из закаленной стали марки ХВГ твердостью HRC 58–60. Использовали следующие режимы резания: подача $S = 90$ мм/мин; глубину резания $t = 0,1$ мм; скорость резания $v = 2$ м/с. Геометрические параметры режущего инструмента: $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = -10^\circ$, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$.

Эксперименты проводили до достижения критического износа по задней поверхности резца $h_s = 0,3$ мм.

Полученные зависимости величины износа для резцов со вставками из никелида титана и твердого сплава показаны на рис. 5.

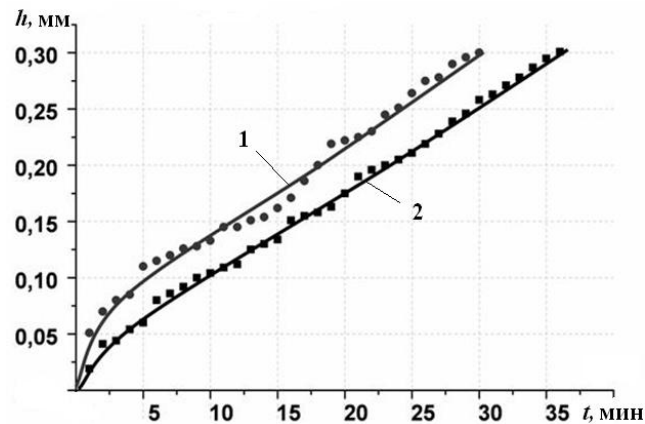


Рис. 5. Залежності швидкості износу резцов з різними демпфуючими вставками:
1 – вставки з ВК8; 2 – вставки з нікеліда титану

Выводы

1. Демпфирующие свойства никелида титана значительно выше, чем стали и твердого сплава.
2. Использование вставок из никелида титана позволило увеличить стойкость резцов с 30 до 36 мин.
3. Особенно сильное влияние демпфирования оказало на время приработки резца на этапе его начального износа. Так до износа 0,1 мм пластины со вставками из TiNi работали 10 мин, а с ВК8 – 5 мин.
4. Эксперименты, проведенные при точении закаленной стали с ударом показали, что применение вставок из никелида титана позволило повысить стойкость инструмента из КНБ в 2-3 раза.

Список литературы

1. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. Металловедение высокодемпфирующих сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
2. Глазовский Б.А., Ройтштейн Г.Ш., Яшин В.А. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматизации производства абразивных инструментов: Учеб. пособие для машиностроит. техникум. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. – 278 с.
3. Й.Крауткрамер, Г.Крауткрамер. Ультразвуковой контроль материалов: Справоч. Изд. Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.
4. Исследование демпфирующих свойств твердых сплавов WC-6%Co, полученных из смеси порошков различных производителей. Девин Л.Н., Мартынова Л.М., Нимченко Т.В., Осадчий А.А. //Матер. 8-го Междунар. научн.-техн. семинара, 26–28 февраля 2008 г. – г. Свалява, Карпаты 2008. – С. 62–64.
5. Девин Л.Н., Осадчий А.А., Нимченко Т.В. К вопросу о возможности демпфирования режущих пластин из ПСТМ //Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ НАН Украины, 2008. – Вып. 11. – 481 с.
6. Девин Л.Н., Осадчий А.А., Сулима А.Г. Влияние демпфирующих элементов на стойкость резцов из ПСТМ при точении закаленных сталей //Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ НАН Украины, 2009. – Вып. 12. – С.519-524.